

I-28

と法を用いた鋼アーチの面内耐荷力設計法に関する研究

熊本大学 学生員 田中 朝一 熊本大学 正 員 崎元 達郎

熊本大学 学生員 平野 邦昭

1. まえがき: 現行のアーチの設計法では、格点間を有効長さとした部材としての断面決定を行い、設計された部材で全体を構成し、全体座屈、又は構造全体の耐荷力は、断面決定後照査する形となっている。したがって、部材断面の決定と全体構造の安定照査が同時に満足されない場合には、繰返し計算が必要となるという問題が存在する。一方、ラーメン構造については、有効長さの概念を用いずに、有限変位解析による設計応力に対して、直接各部材の剛性低下率を求めて、固有値解析を行う方法(以後と法と略称する。)が提案されている。¹⁾

著書らは、このと法をアーチ構造の設計へ用いた場合の有効性と問題点を検討している。本研究では、一定断面の一本のリブアーチの面内耐荷力の評価に限定してと法の適用性を検討した結果について報告する。

2. と関数: 文献3)にあるように、と関数は、道路橋示方書における直柱の基準耐荷力曲線より求められ、次式で与えている。

$$\begin{aligned} \zeta &= 1 - 0.773 \frac{\sigma}{\sigma_y} & : & \frac{\sigma}{\sigma_y} < 0.564 \\ \zeta &= 3.367 \left\{ 1.109 - \frac{\sigma}{\sigma_y} \right\}^2 \frac{\sigma}{\sigma_y} & : & 0.564 \leq \frac{\sigma}{\sigma_y} < 1.0 \\ \zeta &= 0.04 & : & 1.0 \leq \frac{\sigma}{\sigma_y} \end{aligned} \quad (1)$$

3. 設計計算の方法

- 1) 照査荷重の設定: 照査荷重 F^* は、設計荷重 F 、荷重係数 γ_i として $F^* = \gamma_i \times F$ とする。
- 2) 構造解析: 有限変位解析を行い、各部材の断面力及び平均軸応力度を求める。
- 3) 部材の剛性低下率の計算: 2) で計算された平均軸応力度を、式(1)に代入して算出する。
- 4) 固有値計算: 各部材のヤング係数を $E_i = \zeta_i \cdot E$ として、構造全体の固有値計算を行い、最小固有値 κ を求める。

- 5) 限界状態照査¹⁾: $0.95 < \gamma_i \left(\frac{N_i}{N_{crit}} + \frac{M_i}{M_{crit}} \right) \leq 1.0$ (2) を用いる。(i は部材毎を表す。)

ここで、 γ_i : 構造物係数 N_i : 設計圧縮力 M_i, M_{crit} : 設計曲げモーメント, 設計曲げモーメント耐力 N_{crit} : と関数を考慮した、構造全体の固有値解析により求まる設計圧縮耐力

$N_{crit} = \kappa N_i$ (κ は固有値) ただし、 $N_{crit} \geq N_y$ の時は、 $N_{crit} = N_y$ とする。

- 6) 照査荷重の変更: 式(2)の値が範囲外の時は、新しい照査荷重 F^*_{new} を次式で求める。

$$F^*_{new} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{S}} \right) F^* \quad (S \text{ は、式(2)の値})$$

4. 解析モデル: まず、図-1のような一層の門形ラーメンについて検討する。部材断面は二軸対称箱型断面とし、断面積は一定とする。ここでは、水平荷重 H を一定荷重とみなし、図-1のモデルで降伏曲げモーメントを与えるような水平荷重 H_y との比が $H/H_y = 0 \sim 0.5$ と変化するときの照査荷重 P を解析する。

また、図-2のような1本のリブアーチについて、両端支点をヒンジとする2ヒンジアーチと両端支点を固定とする固定アーチの2つのケースも検討する。アーチ断面は、二軸対称箱型断面とし、断面積 A は長さ方向に一定とする。図のようなアーチの面内耐荷力を支配するパラメーターは、支間長 L 、ライズ f 、ライズスパン比 f/L 、細長比 $a = L/r$ (r は断面二次半径)、支間長の半分に載荷した分布荷重強度(半載荷重強度) p と満載等分布荷重強度 w との比 p/w である。ここでは、 $L = 150 \text{ m}$ 、 $f = 22.5 \text{ m}$ 、

$f/L = 0.15$ とし、荷重比 p/w を、0（満載状態）、0.5、1.0（半載状態）と変化させ、それぞれ細長比 $a = 100, 200, 300$ について解析を行った。

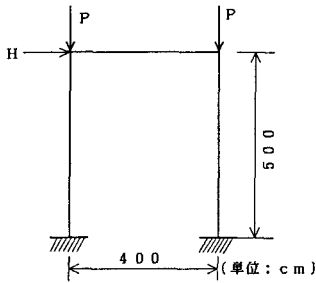


図-1

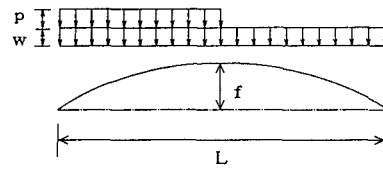


図-2

5. 結果：図-3は、門型ラーメンの結果で、縦軸を P/P_y 、横軸を H/H_y として、 ξ 法による解析値と有限変位弾塑性解析値をプロットしたものである。ただし、 P は降伏軸力、 H_y は図-1のモデルで、 $P=0$ に対して降伏曲げモーメントを与える水平荷重である。図-3より、水平力 H が大きく、基部の曲げが大きくなると安全すぎる場合もあるが、 ξ 法は、ほぼ妥当な算定値を与える。図-4、図-5は、リブアーチの結果で、荷重比 p/w を横軸に、 $N_u/A\sigma_y$ を縦軸にとり、それぞれ ξ 法による解析値と有限変位弾塑性解析値をプロットしたものである。ただし、 N_u は、終局荷重に対して微小変位理論で計算される $L/4$ 点の軸力、 $A\sigma_y$ は、降伏軸力である。図-4より2ヒンジアーチの場合は、 p/w 、 a 値にかかわらず良い算定値を与えるが、図-5に示す固定アーチの場合は、細長比 a が小さいほど、また p/w が大きいほど、 ξ 法は安全側すぎる算定値を与える。

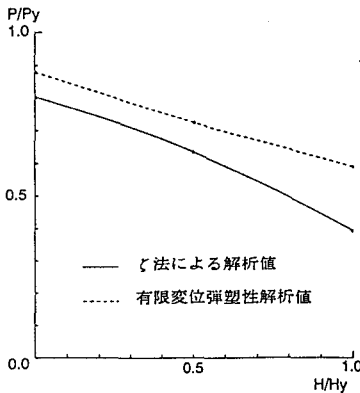


図-3 門型ラーメン

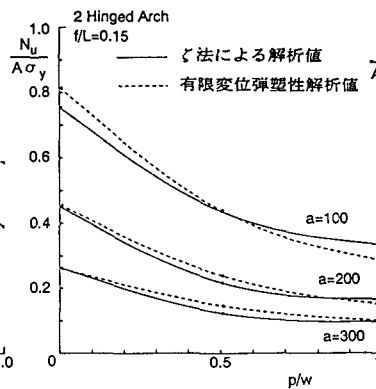


図-4 2ヒンジアーチ

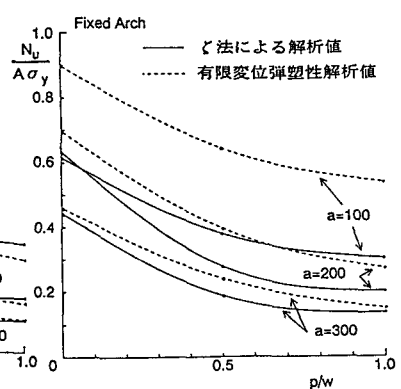


図-5 固定アーチ

6. まとめ

今回のような解析モデルについては、 ξ 法の値は、構造物に作用する照査荷重に対して、断面で主に軸力がはたらいっているならば、比較的、有限変位弾塑性解析値の良い近似値となっている。しかしながら、外力によって大きな曲げを生ずるような構造物では、照査式において曲げが支配的になるため、強度が安全側に評価されやすい、という問題点がある。 今後は、与えられた設計荷重に対して、断面形状を決定する設計方法について検討していく方針である。

参考文献 1) 野上・山崎： ξ 関数を用いた鋼ラーメン構造物の一設計法，土木学会第47回年次学術講演会，1992。 2) 小松・新家：アーチの面内耐荷力の实用算定式について，土木学会論文報告集第267号，1977。 3) 野上：鋼ラーメン柱の实用的座屈設計法に関する一提案，土木学会論文集 No. 459，1993.1。 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，昭和48年2月。